

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09168271 A**

(43) Date of publication of application: **24.06.97**

(51) Int. Cl

H02K 37/04

H02K 3/28

(21) Application number: **07326670**

(71) Applicant: **FUJII SEIMITSU KAITENKI
SEISAKUSHO:KK**

(22) Date of filing: **15.12.95**

(72) Inventor: **SHIOZAKI YUKIO
SAKATA MASASHI
NAGASAKA NAGAHIKO**

**(54) SYNCHRONOUS MOTOR AND METHOD OF
CONTROLLING THE SAME**

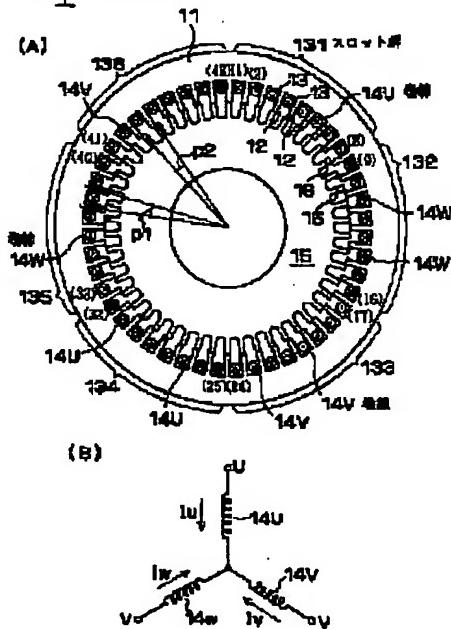
type wiring system.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small size and low price motor system which assures stable low speed rotation of 1000rpm or lower without using a reduction mechanism which will become a noise source.

SOLUTION: This motor comprises a stator 11 provided, at the internal circumference thereof, with M teeth 12 and a rotor 15 provided, at the external circumference thereof, with N salient poles 16. Here, total of M slots 13 are divided into slot groups 131 to 136 in maximum of 2m slots. Each phase from first phase to m-phase is assigned phase by phase in the constant sequence along the circumference direction and the coils 14U, V, W in total of m coils are provided one by one to each phase. Each coil is wound in such a manner that it is passing each slot 13 belonging to a couple of slot groups 131 to 136 to which only one phase is assigned and the passing direction of each slot 13 is equal respectively in the two slot groups 131 to 136 and such passing direction is inverted between the two relevant slot groups 131 to 136, and total of m coils are connected by the start



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-168271

(43)公開日 平成9年(1997)6月24日

(51) Int.Cl.⁶
H 02K 37/04
3/28

識別記号 行内整理番号

厅内整理番号

F I
H 0 2 K 37/04
3/28

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-326670

(22) 出願日 平成7年(1995)12月15日

(71) 出願人 593217742

株式会社藤井精密回轉機製作所
大阪府大阪市東淀川区西淡路4丁
号

(72)発明者 塩崎 幸夫
大阪府大阪市東淀川区西淡路4丁目25番4号 株式会社藤井精密回轉機製作所内

(72) 発明者 坂田 昌司
東京都江戸川区船堀7-6-17 有限会社
ユウ電子内

(72) 発明者 長坂 長彦
福岡県中間市太賀1丁目19-5

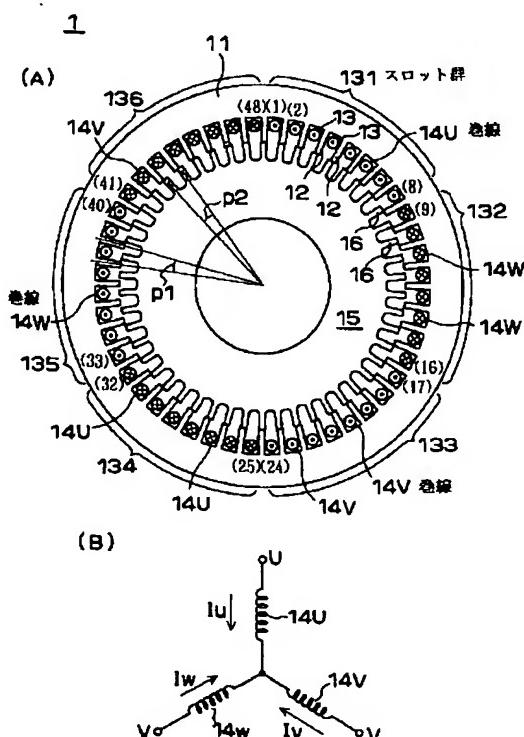
(74)代理人 专利士 久保 幸雄

(54) 【発明の名称】 同期モータ及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】騒音源となる減速機を用いずに1000 rpm以下の安定した低速回転が得られ、小型で安価なモータシステムを提供することを目的とする。

【解決手段】内周部にM個の歯12が設けられたステータ11と、外周部にN個の突極16が設けられたロータ15とを有し、合計M個のスロット13が、合計2m個のスロット群131～136に区分され、各スロット群に対して第1相から第m相までの各相が周方向に沿って一定順序で1相ずつ割り当てられ、各相に対して1個ずつ合計m個の巻線14U,V,Wが設けられ、各巻線が、1つの相が割り当てられた2個のスロット群に属する各スロットを通過し、当該2個のスロット群のそれぞれにおいて各スロットの通過方向が等しく且つ当該2個のスロット群の間で通過方向が逆になるように巻かれており、合計m個の巻線が互いに星型結線形式で結線されたモータを作製する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】内周部に第1の角度ピッチでM個の歯が設けられたステータと、外周部に第2の角度ピッチでN ($N \neq M$) 個の突極が設けられたロータとを有し、前記歯の間の合計M個のスロットが、隣接する複数の当該スロットを一群とする合計2m個のスロット群に区分され、

前記各スロット群に対して、第1相から第m相までの各相が周方向に沿って一定順序で1相ずつ割り当てられ、前記ステータに前記各相に対して1個ずつ合計m個の巻線が設けられ、

前記各巻線は、1つの前記相が割り当てられた2個の前記スロット群に属する前記各スロットを通過し、当該2個の前記スロット群のそれぞれにおいて前記各スロットの通過方向が等しく且つ当該2個のスロット群の間で通過方向が逆になるように巻かれており、

合計m個の前記巻線は、互いに星型結線形式で結線されてなることを特徴とする同期モータ。

【請求項2】前記各スロット群に属する前記スロットの個数が互いに等しい請求項1記載の同期モータ。

【請求項3】請求項2記載の同期モータであって、前記突極の個数Nと前記歯の個数Mとが次式を満たす可変リラクタンス形の同期モータ。

$$N = M \pm 2$$

【請求項4】請求項2記載の同期モータであって、前記突極の個数Nと前記歯の個数Mとが次式を満たすハイブリッド形の同期モータ。

$$N = 2M \pm 2$$

【請求項5】請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の同期モータの制御方法であって、前記各巻線を、前記各相毎にスイッチング素子を介して直流電源の正極に接続し、且つ前記各相毎に他のスイッチング素子を介して前記直流電源の負極に接続し、前記直流電源の正極側及び負極側の前記各スイッチング素子のオンオフ状態を一定順序で切り換えることによって、前記ロータを回転させ、その際に、前記各巻線を流れる電流の総和を検出し、検出値が一定になるように各スイッチング素子を制御することを特徴とする同期モータの制御方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、同期モータ及びその制御方法に関する。産業用モータとして広く用いられている単相又は3相の誘導モータの定格回転速度は、1 000～3 000 rpmである。このため、低速の用途では減速機が必要である。減速機を用いると動作音が大きくなる。このような状況の故に、高トルクの安定した低速回転が得られ、しかも小型で安価なモータが望まれている。

【0002】

【従来の技術】可変リラクタンス形モータ（以下「VR形モータ」という）は、小トルクのものは開ループ制御の可能なステッピングモータの一種として知られており、また主として工作機械などの比較的低速で大きなトルクを必要とする用途においては、閉ループ制御によるダイレクトドライブモータ（DDモータ）として用いられている。

【0003】図5は従来のVR形モータ80の概略の構造を示す図である。図5に示すVR形モータ80は、6個の歯82を有した鉄心（ヨークを含むコア）に3相の巻線84が設けられたステータ81と、14個の突極87が設けられた高透磁率材料（軟質磁性材料）からなるロータ86とを有している。各歯82の先端部には、突極87と対向する小歯83が2個ずつ設けられている。

【0004】VR形モータ80では、各歯82に対して、その両側のスロット85を利用して各歯82を周回するように、集中巻形式でU、V、Wの各相の巻線84が巻かれている。そして、ロータ86を挟んで向かい合う歯82を周回する2つのコイルが、直列に接続されて1つの相の巻線84とされている。

【0005】このようなVR形モータ80をDDモータとして用い、低速回転を実現する場合には、高分解能のポジションセンサをステータ81に組付けてロータ86の回転角度位置を検出し、各巻線の励磁のタイミングを調整する回転制御が行われていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来のVR形モータ80では、各スロット85を両隣の歯82に対応した2つの巻線84が通過することから、スロット85の断面積を大きくする必要がある。そのため、ロータ86の外径に比較して極めて外径の大きいステータ81が必要となり、VR形モータ80の小型化を図ることができなかった。

【0007】また、従来においては、ポジションセンサを用いて回転制御が行われていたので、制御系が高価になるという問題があった。本発明は、騒音源となる減速機を用いずに1 000 rpm以下の安定した低速回転を実現することができ、しかも小型で安価なモータシステムを提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る同期モータは、内周部に第1の角度ピッチでM個の歯が設けられたステータと、外周部に第2の角度ピッチでN個の突極が設けられたロータとを有し、前記歯の間の合計M個のスロットが、隣接する複数の当該スロットを一群とする合計2m個のスロット群に区分され、前記各スロット群に対して、第1相から第m相までの各相が周方向に沿って一定順序で1相ずつ割り当てられ、前記ステータに前記各相に対して1個ずつ合計m個の巻線が設けられ、前記各巻線が、1つの前記相が割り当てられた2個

の前記スロット群に属する前記各スロットを通過し、当該2個の前記スロット群のそれぞれにおいて前記各スロットの通過方向が等しく且つ当該2個のスロット群の間で通過方向が逆になるように巻かれており、合計m個の前記巻線が互いに星型結線形式で結線されたモータである。

【0009】請求項2の発明のモータにおいては、前記各スロット群に属する前記スロットの個数が互いに等しい。請求項3の発明のモータは、前記突極の個数Nと前記歯の個数Mとが(1)式を満たす可変リラクタンス形の同期モータである。

【0010】 $N = M \pm 2 \dots (1)$

請求項4の発明のモータは、前記突極の個数Nと前記歯の個数Mとが(2)式を満たすハイブリッド形の同期モータである。

【0011】 $N = 2M \pm 2 \dots (2)$

請求項5の発明の制御方法は、前記各巻線を、前記各相毎にスイッチング素子を介して直流電源の正極に接続し、且つ前記各相毎に他のスイッチング素子を介して前記直流電源の負極に接続し、前記直流電源の正極側及び負極側の前記各スイッチング素子のオンオフ状態を一定順序で切り換えることによって、前記ロータを回転させ、その際に前記各巻線を流れる電流の総和を検出し、検出値が一定になるように各スイッチング素子を制御するものである。

【0012】各相の巻線は、ステータに分布巻形式で巻かれ、ステータの歯を周回しない。1つのスロットには1つの相の巻線のコイル辺のみが収納され、スロットの断面積を小さくしても充分な量の巻線を収めることができる。星型結線形式で結線された各相の巻線に対して、これらの巻線全体で回転磁界が生じるように電力が供給される。ロータの回転数は磁界の回転数に比例する。すなわち、ロータは磁界の回転に同期して回転する。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は本発明のモータ1の巻線構造を示す図、図2はモータ1におけるU相の巻線14Uの展開図である。

【0014】モータ1は、U、V、Wの3相の巻線14U、14V、14Wが分布巻形式で巻かれたステータ11と、高透磁率材料からなるロータ15とを有したVR型モータである。ステータ11の内周部には、一定の角度ピッチp1で48個の歯12が設けられている。ロータ15に外周部には、一定の角度ピッチp2で50個の突極16が設けられている。各突極16はロータ15の回転時に各歯12と順に対向する。周方向において、歯12の先端の幅は突極16の先端の幅と同一である。

【0015】ステータ11は、隣接する歯12で挟まれた合計48個のスロット13を有している。図1(A)において括弧内の数字は、各スロット13に便宜的に付した番号を示している。図示の例では、各スロット13

に対して時計回りに1番から48番までの番号が付されている。各スロット13は8個ずつ合計6(=2×3)個のスロット群131～136に区分されており、これらのスロット群131～136に対して、U、V、Wの各相が周方向に沿って一定順序で1相ずつ割り当てられている。モータ1では、時計回りにU、W、Vの順に割り当てられている。すなわち、1～8番のスロット13が属するスロット群131と、25～32番のスロット13が属するスロット群134とがU相に対応し、9～16番のスロット13が属するスロット群132と、33～40番のスロット13が属するスロット群135とがW相に対応し、17～24番のスロット13が属するスロット群133と、41～48番のスロット13が属するスロット群136とがV相に対応する。

【0016】各巻線14U、14V、14Wは、該当する相を割り当てた2個のスロット群に属する合計16個のスロット13を通過し、当該2個のスロット群のそれぞれにおいて各スロット13の通過方向が等しく且つ当該2個のスロット群の間で通過方向が逆になるように巻かれている。例えば、U相の巻線14Uでは、スロット群131の各スロット13の通過方向は図1(A)の紙面の裏から表へ向かう方向であり、逆にスロット群134の各スロット13の通過方向は紙面の表から裏へ向かう方向である。

【0017】巻線14U、14V、14Wの巻き方としては、鼓状巻きと環状巻きがある。ステータ11の径と軸方向の長さとに応じて、導体をより有効に利用できる方を選択すればよい。図2は鼓状巻きの例を示している。なお、実際には、各スロット13を数十本以上の導体が通過する。

【0018】図1(B)のように、各巻線14U、14V、14Wは、巻回方向の上で互いに同等の関係にある一方の端部が共通に接続され、他方の端部が各相の端子U、V、Wに個別に接続されている。つまり、巻線14U、14V、14Wは星形結線形式で結線されている。ここで、例えば巻線14Uに図1(B)に矢印で示す方向の電流Iuを流すと、スロット群131では図1(A)における紙面の裏側から表側へ電流が流れ、またスロット群134では表側から裏側へ電流が流れ。

【0019】以上の構成のモータ1においては、各スロット13を1つの相の巻線14U～Wのみが通過しており、従来の集中巻きの場合と比較すると巻線の量が2分の1に減少しているから、スロット13の断面積が小さくても充分な本数の巻線14U～Wを通過させることができ、そのためスロット13が小さくても充分な起磁力を得ることができ、ステータ11の小型化、つまりモータ1の小型化を図ることができる。また、複数の相の巻線に同時に電流を流すことによって励磁が行われるので、巻線14U～Wの利用率が高くなり、大きなトルクを発生させることができる。歯12と対向する突極16

の総数に対する歯12と対向する突極16の数の割合が大きいこともトルクの増大に寄与する。

【0020】図3はモータ1の励磁シーケンスを示す図である。モータ1の使用に際しては、3相の正弦波状の電流で巻線14U～Wを励磁して回転磁界を生じさせる。図3(A)～(F)においてロータ15内の矢印が磁界方向を示している。角度ピッチp1と角度ピッチp2とが異なり、各歯12と各突極16とが少しずつずれていることから、磁界の回転と同期して、ロータ15とステータ11との間の磁気抵抗(リラクタンス)が最小であり且つ偏りのない安定位置にロータ15が回転移動をする。磁界が1回転する毎にロータ15は突極16の2個分、すなわち $14 \cdot 4 / 50 = 2 \times 360 / 50$ 。だけ回転する。モータ1では突極16が歯12より多いので、ロータ15の回転方向は磁界の回転方向と同一である。突極16が歯12より少ない場合には、ロータ15の回転方向は磁界の回転方向と逆になる。

【0021】ロータ15の回転速度Vは、(3)式で表される。

$$V = 120 f / P \quad \dots (3)$$

V : 回転速度 [rpm]

f : 周波数 [Hz]

P : ロータの極数(突極の個数)

モータ1においては、一定速度で回転しているときには、ロータ15の回転角度位置に依らず自己インダクタンスがほぼ一定であり、相互インダクタンスが周期的に変化する。

【0022】以下、モータ1の制御方法について説明する。モータ1は、鉄芯構造の上では公知のステッピングモータと類似し、巻線構造の上では交流モータに類似している。これらのことから、モータ1の駆動電源としては可変周波インバータが適している。ただし、通常のVVVFインバータでは周波数範囲の全域で過不足なく励磁することができず、正常な運転ができない。モータ1を正常に駆動するには、ACサーボ制御を行うか又は励磁電流を一定化する制御を行えばよい。前者は、高分解能のポジションセンサを含む各種のセンサを必要とする。したがって、一定電流を供給するインバータによる駆動が最適である。

【0023】図4はモータ1の制御系100のブロック図である。制御系100は、モータ1に3相の電力を供給するインバータ110と、インバータ110のスイッチング制御を担うコントローラ120とから構成されている。

【0024】インバータ110は、3相商用交流を入力とする整流回路DB及び平滑用のコンデンサC1を有した直流電源VE、3相駆動用のインバータ回路INV、及び電流検出回路CSから構成されている。インバータ回路INVは、6個のトランジスタ(スイッチング素子)Q1～6を有している。各トランジスタQ1～6に

はフリーホイール用のダイオードが並列接続されている。

【0025】モータ1のU相の巻線14Uは、トランジスタQ1を介して直流電源VEの正極に接続され、トランジスタQ4を介して直流電源VEの負極に接続されている。同様に、V相の巻線14Vは、トランジスタQ2, Q5を介して直流電源VEに接続され、W相の巻線14Wは、トランジスタQ3, Q6を介して直流電源VEに接続されている。

【0026】例えば、トランジスタQ3, Q4, Q5がオンであり、他がオフである場合には、図2(A)のように端子Wから端子U, Vに向かう電流Iw (= -Iu - Iv) が流れる。

【0027】コントローラ120は、マイクロプロセッサからなる脱調防止演算部121を有し、モータ1の励磁電流が一定になるようにインバータ回路INVに対してPWM制御を行うように構成されている。

【0028】電流検出回路CSの検出値iaは、サンプルホールド回路123によって、PWMのキャリア信号(三角波信号)に同期してサンプリングされる。サンプリングのタイミングをキャリア信号のゼロクロス点にすれば、必ずトランジスタQ1～3のいずれかとトランジスタQ4～6のいずれかとがオンであるので、検出値iaが零になることを避けることができる。

【0029】サンプリングされた検出値iaは電流アンプ124に入力される。電流アンプ124は、脱調防止演算部121からの信号ibに検出値iaを加えて増幅し、指令値eoを出力する。乗算器125は、電流分流回路126から与えられる各相の補正係数a, b, cをそれぞれ指令値eoと掛け合わせ、各相の正弦波信号e1～3を生成する。これらの正弦波信号e1～3は、PWM回路127においてキャリア信号と比較され、それによって相毎にスイッチング制御パルスが生成される。そして、スイッチング制御パルスに基づいて、相毎に設けられたドライバ128～130によってトランジスタQ1～6のオンオフ制御が行われる。

【0030】電流検出回路CSは、具体的には0.1Ω程度のシャント抵抗を直流電源VEの負極側に挿入するだけで構成することができる。ホール検出器、交流器、又はフォトカプラなどの絶縁型の回路を設ける必要はなく、非絶縁でシャント抵抗の端子間電圧をサンプリングする構成で十分な機能が得られる。

【0031】本実施形態のモータ1は、ステッピングモータと同様に低速運転が可能である。定格トルクより大きいトルクをかけると脱調することもステッピングモータと同様である。そのため、脱調防止演算部121が設けられている。電流検出回路CSは、交流電流の代用値のほかに直流電流の平均値も同時に検出することができる。このことは直流電圧は一定であるから実効入力電力の検出が可能であることを意味する。直流電流の平均値

は平均値サンプリング回路122を介して脱調防止演算部121に入力される。一方、回転速度Vは入力周波数fから判るので、モータトルクTを計算で求めることができる。したがって、電流の平均値と入力周波数fとからモータトルクTを求め、過負荷になったときにいち早く励磁電流を一時的に増やしたり、過負荷が長時間続いてモータ1が過熱するようであれば通電を止めるというような処理が有用である。このような処理はマイクロセッサで容易に実施できる。入力電力Wi、モータトルクT、及び回転速度Vは次の各式で表される。

$$[0032] W_i = V_{dc} \times I_{dc}$$

$$T = 60 \times W_i / (2\pi \cdot V)$$

$$V = 120 \times f / P$$

Wi : 入力電力 [W]

Vdc : 直流電圧 [V]

Idc : 直流平均電流 [A]

T : モータトルク [N·M]

P : 極数

f : 周波数 [Hz]

V : 回転速度 [rpm]

上述の実施形態によれば、巻線14U, 14V, 14Wの巻き方が分布巻であることから、ステータ11を小径にしてモータ全体の小型化を図ることができる。巻線14U, 14V, 14Wが星形に結線されていることから、3本のリード線を設けるだけで、駆動系との接続が可能である。また、汎用のパワーエレクトロニクス部品を用いてインバータ回路110を構成することができ、駆動系の低コスト化を図ることができる。

[0033] 上述の実施形態においては、VR型のモータ1を例示したが、本発明は永久磁石を用いたハイブリッド型のモータにも適用可能である。ハイブリッド型の場合には、歯12の個数及び突極16の個数を上述の(2)式を満たすように選定すればよい。ステータ11

の歯12の個数、巻線14U, 14V, 14Wの巻き方又はスロット間の巻線の処理の仕方、ロータ15の突極16の個数、相の数、その他、モータ1の構造、形状、材質、制御系100の構成などは、本発明の主旨に沿って種々変更することができる。

【0034】

【発明の効果】請求項1乃至請求項4の発明によれば、所定のトルクを確保しつつロータの小型化を図ることができる。

【0035】請求項5の発明によれば、騒音源となる減速機、及びロータの回転角度位置を検出するセンサを用いずに、1000 rpm以下の安定した低速回転を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のモータの巻線構造を示す図である。

【図2】モータにおけるU相の巻線の展開図である。

【図3】モータの励磁シーケンスを示す図である。

【図4】モータの制御系のブロック図である。

【図5】従来のVR形モータの概略の構造を示す図である。

【符号の説明】

1 モータ (同期モータ)

11 ステータ

12 歯

13 スロット

14U, 14V, 14W 巷線

15 ロータ

16 突極

131~136 スロット群

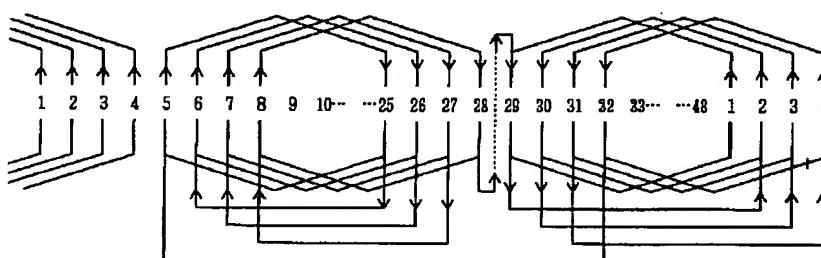
p1 角度ピッチ (第1の角度ピッチ)

p2 角度ピッチ (第2の角度ピッチ)

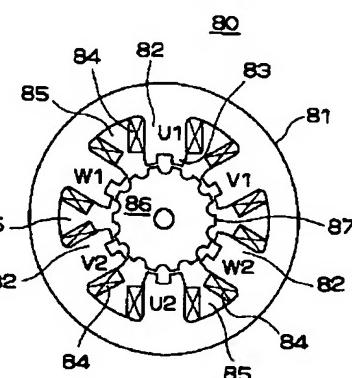
Q1~6 トランジスタ (スイッチング素子)

VE 直流電源

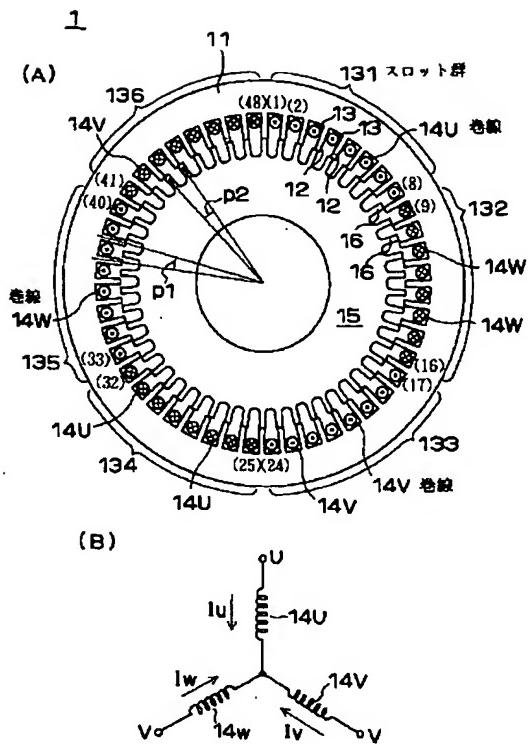
【図2】



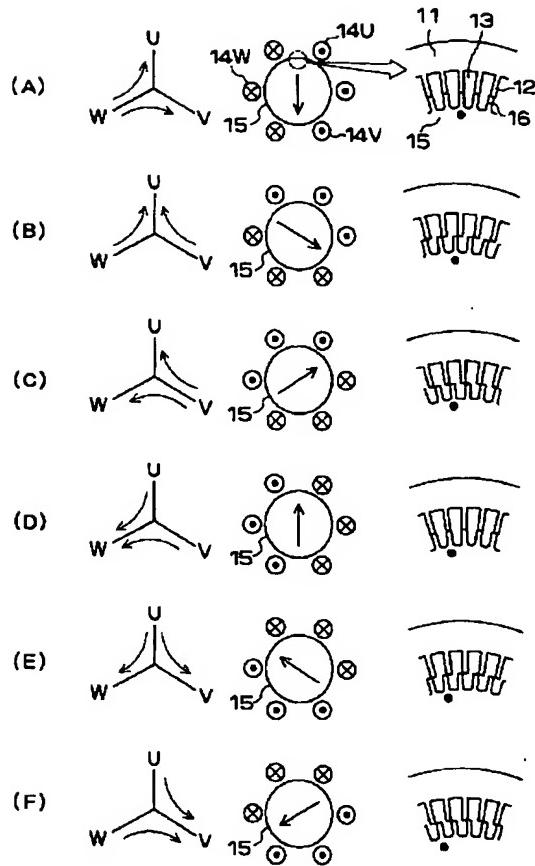
【図5】



【図1】



【図3】



【図4】

100